

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
18. April 2002 (18.04.2002)

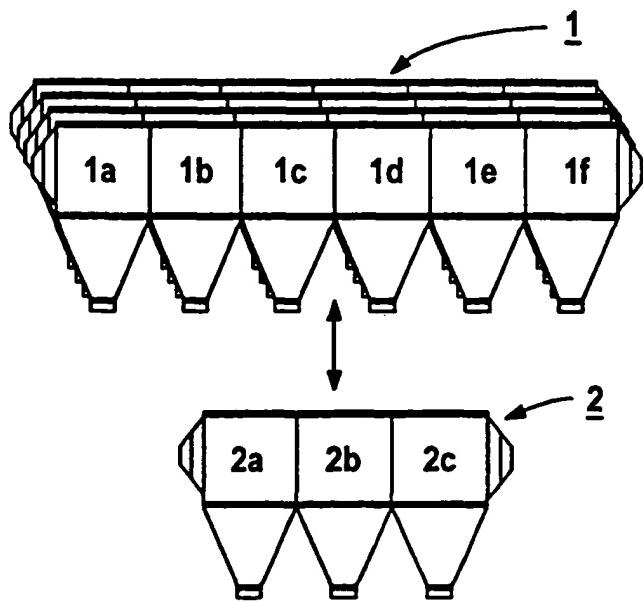
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/30574 A1

PCT

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B03C 3/68** (74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE01/03845**
- (22) Internationales Anmeldedatum: 8. Oktober 2001 (08.10.2001) (81) Bestimmungsstaaten (national): AU, US.
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 100 50 188.5 9. Oktober 2000 (09.10.2000) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]**; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **GRASS, Norbert** [DE/DE]; Bergstrasse 37 b, 91074 Herzogenaurach (DE).
- Veröffentlicht:**
- mit internationalem Recherchenbericht
 - vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen
- Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD FOR OPERATING AN ELECTROSTATIC FILTER

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES ELEKTROFILTERS



WO 02/30574 A1

Sollwert der Partikelemission (E) geregelt.

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating an electrostatic filter, whereby the real electrostatic filter (1) is transformed to a filter model (2) that comprises at least one inlet zone (2a), at least one center zone (2b) and at least one outlet zone (2c) and whereby a predetermined characteristic is associated with every of the three model zones (2a - 2c). The energy supply for a predetermined number of said model zones (2a - 2c) is controlled in accordance with said characteristic and depending on the desired value of particle emission (E).

(57) Zusammenfassung: Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betrieb eines Elektrofilters wird das reale Elektrofilter (1) auf ein Filtermodell (2) transformiert, das wenigstens eine Eingangszone(2a), wenigstens eine Mittelzone (2b) und wenigstens eine Ausgangszone (2c) umfasst, wobei jeder der mindestens drei Modellzonen (2a - 2c) eine vorgebbare Charakteristik zugeordnet wird. Entsprechend dieser Charakteristik wird die Energiezufuhr für eine vorgebbare Anzahl dieser Modellzonen (2a - 2c) in Abhängigkeit vom

Beschreibung

Verfahren zum Betrieb eines Elektrofilters

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Elektrofilters.

Elektrofilter finden in den vielfältigsten technischen Prozessen zur Entstaubung von Gasen Verwendung. Hierbei wird ein
10 Paket von Abscheideelektroden im Gasstrom angeordnet. Zwischen diesen Abscheideelektroden werden vorzugsweise drahtförmige Sprühelektroden eingefügt, wobei zwischen den elektrisch jeweils parallel geschalteten Sprühelektroden einerseits und den Abscheideelektroden andererseits eine hohe
15 Gleichspannung in der Größenordnung von etwa 50 KV angelegt wird. Hierdurch werden die Gasmoleküle ionisiert und geben sodann ihre Ladung an die im Gasstrom enthaltenen Staubpartikel ab, welche negativ aufgeladen werden und dadurch zu dem positiv geladenen Teil der Elektroden gezogen werden. Dort
20 können sie durch Vibration oder durch Abstreifeinrichtungen gelöst werden und fallen sodann nach unten in eine Staubsammelvorrichtung.

Mit diesem Prinzip lassen sich die unterschiedlichsten Partikel aus den verschiedensten Gasströmen abscheiden, woraus allerdings je nach Einsatzfall stark schwankende Betriebsparameter für das Elektrofilter resultieren. Durch Feuerung unterschiedlicher Kohlesorten entstehen beispielsweise unterschiedliche Partikelmengen und Abgaseigenschaften in den Elektrofiltern. So wird z. B. zum Erreichen des geforderten Reingasstaubgehalts bei Kohlen mit niederohmigen Aschebestandteilen und hohen Aschegehalten erheblich höhere Energie im Elektrofilter benötigt als bei Kohlen mit geringem Ascheanteil.
30

35

Bei den bisher bekannten Elektrofiltern ist eine sichere Einhaltung der Grenzwerte für die Partikelemission nur bei vol-

ler Leistung der Hochspannungsversorgung sichergestellt, der zu einem entsprechend hohen Energieverbrauch führt.

Die bisher auch vorgenommene manuelle Einstellung der Geräte
5 erfordert einen hohen Aufwand an geschultem Bedienpersonal.
Auch eine an sich mögliche Überdimensionierung des Elektro-
filters ist wegen der hiermit verbundenen nicht unbeträchtli-
chen Verteuerung des betreffenden industriellen Verfahrens
nur begrenzt möglich. Die Feuerung nur bestimmter Kohlesorten
10 führt dazu, dass Marktentwicklungen nicht voll ausgenutzt
werden können.

In der DE 42 22 069 A1 ist ein Verfahren zum Betrieb eines
Elektrofilters sowie ein Elektrofilter zur Durchführung des
15 Verfahrens beschrieben. Im bekannten Fall wird außerhalb der
aktiven Abscheidezone des Elektrofilters, also entfernt von
dem diese Abscheidezone bildenden elektrischen Hochspannungs-
feld, eine Soll-Funkenstrecke betrieben, die ein weiteres e-
lektrisches Hochspannungsfeld aufbaut. Die Soll-Funkenstrecke
20 wird in einem Bereich betrieben, der staubfrei ist, aber an-
sonsten allen wesentlichen Betriebsparametern des Medien-
stroms unterliegt. Dadurch sollen einerseits Glimmbrände in-
nerhalb des Elektrofilters vermieden werden, andererseits
soll dadurch die Betriebsspannung des Elektrofilters immer
25 möglichst nahe der Überschlagsgrenze gehalten werden.

Weiterhin ist in der DE 41 40 228 A1 ein Verfahren zur Ent-
staubung von Rauchgasen beschrieben. Bei diesem Verfahren
wird ein Vergleich einer Soll-Istwertdifferenz mit im Voraus
30 experimentell ermittelten Prozessparametern durchgeführt. Die
experimentelle Ermittlung der Prozessparameter erfolgt hier-
bei in einem hinsichtlich Entstaubungsgrad und Wirkungsgrad
optimalen Prozess. Durch das bekannte Verfahren soll ein mög-
lichst effizienter Betrieb der Elektrofilter im ökologischen
35 wie auch im ökonomischen Sinne erreicht werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, ein Verfahren zum Betrieb eines Elektrofilters zu schaffen, das auf einfache Weise eine sichere Einhaltung der Grenzwerte für die Partikelemission gewährleistet.

5

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahren sind in den Unteransprüchen angegeben.

- 10 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betrieb eines Elektrofilters wird das reale Elektrofilter auf ein Filtermodell transformiert, das wenigstens eine Eingangszone, wenigstens eine Mittelzone und wenigstens eine Ausgangszone umfasst, wobei jeder der mindestens drei Modellzonen eine vorgebbare Charakteristik zugeordnet wird. Entsprechend dieser Charakteristik wird die Energiezufuhr für eine vorgebbare Anzahl dieser Modellzonen in Abhängigkeit vom Sollwert der Partikel-emission geregelt.
- 15
- 20 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden Spitzenwerte, wie sie häufig bei der Plattenklopfung auftreten, begrenzt, so dass die sichere Einhaltung der vorgegebenen Grenzwerte gewährleistet ist. Durch die Transformation des realen Elektrofilters auf ein Filtermodell, welches wenigstens eine Eingangszone, wenigstens eine Mittelzone und wenigstens eine Ausgangszone umfasst, ist das Verfahren nach Anspruch 1 auf beliebige Anordnungen von Elektrofiltern anwendbar. Jede der drei Modellzonen wird hierbei eine bestimmte Charakteristik zugeordnet. Entsprechend dieser Charakteristik wird die Energiezufuhr für eine vorgebbaren Anzahl dieser Modellzonen in Abhängigkeit vom Sollwert der Partikelemission geregelt.
- 25
- 30
- 35 Durch die Modellbildung erhält man eine Vereinfachung der Algorithmen und eine Verkürzung der Optimierungsdauer für das betreffende Elektrofilter.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

FIG 1 ein Diagramm der Partikelemission über dem Elektrofilter zugeführten elektrischen Strom,

FIG 2 eine graphische Darstellung der Transformation eines realen mehrstufigen Elektrofilters auf ein Filtermodell,

FIG 3 ein Beispiel für eine Vernetzung von Hochspannungsgeräten eines Elektrofilters,

FIG 4 eine Regelung der Partikelemission und der Filterströme,

FIG 5 eine Bedienoberfläche bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

15

FIG 1 zeigt in einem Diagramm den prinzipiellen Verlauf der Staubpartikelemission in Abhängigkeit von der Stromstärke, die einem Elektrofilter zugeführt wird. Durch Änderung im Produktionsprozess können sich die Abgaseigenschaften ändern, so dass sich die im Beispiel gezeigte Kurve quantitativ ändert.

In FIG 2 ist mit 1 ein sechsstufiges reales Elektrofilter bezeichnet, das erfindungsgemäß auf ein Filtermodell 2 transformiert wird. Die Transformation ist in FIG 2 durch einen Doppelpfeil symbolisiert. Das Filtermodell 2 umfasst im dargestellten Ausführungsbeispiel eine Eingangszone 2a, eine Mittelzone 2b und eine Ausgangszone 2c.

25

Der Eingangszone 2a, der die Stufen 1a und 1b des realen Filters entsprechen, weist eine hohe, inhomogene Staubkonzentration im Abgas auf. Die Aufladung möglichst vieler Partikel wirkt sich günstig auf die Wirksamkeit der Mittelzone 2b und der Ausgangszone 2c aus.

35

In der Mittelzone 2b, die aus den Stufen 1c und 1d des realen Filters 1 gebildet wird, weist eine deutlich geringere Staub-

konzentration (ca. 1/20) auf. In der mittleren Zone 2b kann in seltenen Fällen ein Rücksprühen auftreten. Unter Rücksprühen versteht man das Ende des linearen Spannungsanstiegs trotz Erhöhung der Stromstärke.

5

- In der Ausgangszone 2c, die aus den Stufen 1e und 1f des realen Filters 1 gebildet wird, ist ein hoher Anteil an feinen Staubpartikeln vorhanden. Aufgrund des hochohmigen Staubbelags an den Platten tritt häufiger ein Rücksprühen auf. Der
10 Emissionswert reagiert sensibel auf Plattenklopfung.

Nach Modifikationen im Betrieb, z. B. durch Änderung der Stromzufuhr, in einer Zone müssen alle nachfolgenden Zonen neu adaptiert werden.

15

Für die Transformation des realen Elektrofilters auf ein Filtermodell wird zumindest einer der folgenden Parameter berücksichtigt:

Istwert und Sollwert des Filterstromes,

- 20 Istwerte, Minimalwerte, Maximalwerte und Mittelwerte der Filterspannung,
elektrische Leistung,
Betriebsart (kontinuierlicher Betrieb oder Pulsbetrieb)
und/oder
25 falls Pulsbetrieb aktiv – wenigstens ein Pulsmuster.

Im Gasstrom parallele Modellzonen werden zunächst mit identischen Sollwerten versorgt. Bei der Feinoptimierung werden die Gewichtungsfaktoren für die parallelen Modellzonen bestimmt.

- 30 Bei seriellen Modellzonen wird eine lineare Interpolation der Parameter, insbesondere der Istwerte, verwendet. Auch hier sind unterschiedliche Gewichtungen der einzelnen Modellzonen denkbar.

35 Die Wahl der Betriebsart bei der Rücktransformation vom Filtermodell 2 in das reale Filter 1 hängt von der errechneten

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
18. April 2002 (18.04.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/30574 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷:

B03C 3/68

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/DE01/03845

(22) Internationales Anmeldedatum:

8. Oktober 2001 (08.10.2001)

(81) Bestimmungsstaaten (national): AU, US.

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

(30) Angaben zur Priorität:
100 50 188.5 9. Oktober 2000 (09.10.2000) DE

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];

Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

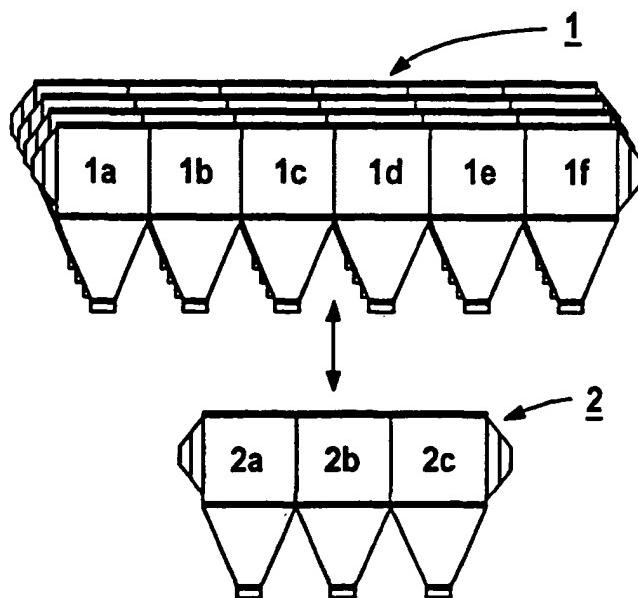
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GRASS, Norbert [DE/DE]; Bergstrasse 37 b, 91074 Herzogenaurach (DE).



(54) Title: METHOD FOR OPERATING AN ELECTROSTATIC FILTER

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES ELEKTROFILTERS



WO 02/30574 A1

Sollwert der Partikelemission (E) geregelt.

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating an electrostatic filter, whereby the real electrostatic filter (1) is transformed to a filter model (2) that comprises at least one inlet zone (2a), at least one center zone (2b) and at least one outlet zone (2c) and whereby a predetermined characteristic is associated with every of the three model zones (2a - 2c). The energy supply for a predetermined number of said model zones (2a - 2c) is controlled in accordance with said characteristic and depending on the desired value of particle emission (E).

(57) Zusammenfassung: Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betrieb eines Elektrofilters wird das reale Elektrofilter (1) auf ein Filtermodell (2) transformiert, das wenigstens eine Eingangszone(2a), wenigstens eine Mittelzone (2b) und wenigstens eine Ausgangszone (2c) umfasst, wobei jeder der mindestens drei Modellzonen (2a - 2c) eine vorgebbare Charakteristik zugeordnet wird. Entsprechend dieser Charakteristik wird die Energiezufuhr für eine vorgebbare Anzahl dieser Modellzonen (2a - 2c) in Abhängigkeit vom

Beschreibung

Verfahren zum Betrieb eines Elektrofilters

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Elektrofilters.

Elektrofilter finden in den vielfältigsten technischen Prozessen zur Entstaubung von Gasen Verwendung. Hierbei wird ein
10 Paket von Abscheideelektroden im Gasstrom angeordnet. Zwischen diesen Abscheideelektroden werden vorzugsweise drahtförmige Sprühelektroden eingefügt, wobei zwischen den elektrisch jeweils parallel geschalteten Sprühelektroden einerseits und den Abscheideelektroden andererseits eine hohe
15 Gleichspannung in der Größenordnung von etwa 50 KV angelegt wird. Hierdurch werden die Gasmoleküle ionisiert und geben sodann ihre Ladung an die im Gasstrom enthaltenen Staubpartikel ab, welche negativ aufgeladen werden und dadurch zu dem positiv geladenen Teil der Elektroden gezogen werden. Dort
20 können sie durch Vibration oder durch Abstreifeinrichtungen gelöst werden und fallen sodann nach unten in eine Staubsammlvorrichtung.

Mit diesem Prinzip lassen sich die unterschiedlichsten Partikel aus den verschiedensten Gasströmen abscheiden, woraus allerdings je nach Einsatzfall stark schwankende Betriebsparameter für das Elektrofilter resultieren. Durch Feuerung unterschiedlicher Kohlesorten entstehen beispielsweise unterschiedliche Partikelmengen und Abgaseigenschaften in den Elektrofiltern. So wird z. B. zum Erreichen des geforderten Reingasstaubgehalts bei Kohlen mit niederohmigen Aschebestandteilen und hohen Aschegehalten erheblich höhere Energie im Elektrofilter benötigt als bei Kohlen mit geringem Ascheanteil.
30

Bei den bisher bekannten Elektrofiltern ist eine sichere Einhaltung der Grenzwerte für die Partikelemission nur bei vol-

ler Leistung der Hochspannungsversorgung sichergestellt, der zu einem entsprechend hohen Energieverbrauch führt.

Die bisher auch vorgenommene manuelle Einstellung der Geräte
5 erfordert einen hohen Aufwand an geschultem Bedienpersonal.
Auch eine an sich mögliche Überdimensionierung des Elektro-
filters ist wegen der hiermit verbundenen nicht unbeträchtli-
chen Verteuerung des betreffenden industriellen Verfahrens
nur begrenzt möglich. Die Feuerung nur bestimmter Kohlesorten
10 führt dazu, dass Marktentwicklungen nicht voll ausgenutzt
werden können.

In der DE 42 22 069 A1 ist ein Verfahren zum Betrieb eines
Elektrofilters sowie ein Elektrofilter zur Durchführung des
15 Verfahrens beschrieben. Im bekannten Fall wird außerhalb der
aktiven Abscheidezone des Elektrofilters, also entfernt von
dem diese Abscheidezone bildenden elektrischen Hochspannungs-
feld, eine Soll-Funkenstrecke betrieben, die ein weiteres e-
lektrisches Hochspannungsfeld aufbaut. Die Soll-Funkenstrecke
20 wird in einem Bereich betrieben, der staubfrei ist, aber an-
sonsten allen wesentlichen Betriebsparametern des Medien-
stroms unterliegt. Dadurch sollen einerseits Glimmbrände in-
nerhalb des Elektrofilters vermieden werden, andererseits
soll dadurch die Betriebsspannung des Elektrofilters immer
25 möglichst nahe der Überschlagsgrenze gehalten werden.

Weiterhin ist in der DE 41 40 228 A1 ein Verfahren zur Ent-
staubung von Rauchgasen beschrieben. Bei diesem Verfahren
wird ein Vergleich einer Soll-Istwertdifferenz mit im Voraus
30 experimentell ermittelten Prozessparametern durchgeführt. Die
experimentelle Ermittlung der Prozessparameter erfolgt hier-
bei in einem hinsichtlich Entstaubungsgrad und Wirkungsgrad
optimalen Prozess. Durch das bekannte Verfahren soll ein mög-
lichst effizienter Betrieb der Elektrofilter im ökologischen
35 wie auch im ökonomischen Sinne erreicht werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, ein Verfahren zum Betrieb eines Elektrofilters zu schaffen, das auf einfache Weise eine sichere Einhaltung der Grenzwerte für die Partikelemission gewährleistet.

5

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahren sind in den Unteransprüchen angegeben.

- 10 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betrieb eines Elektrofilters wird das reale Elektrofilter auf ein Filtermodell transformiert, das wenigstens eine Eingangszone, wenigstens eine Mittelzone und wenigstens eine Ausgangszone umfasst, wobei jeder der mindestens drei Modellzonen eine vorgebbare Charakteristik zugeordnet wird. Entsprechend dieser Charakteristik wird die Energiezufuhr für eine vorgebbare Anzahl dieser Modellzonen in Abhängigkeit vom Sollwert der Partikel-emission geregelt.
- 15 20 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden Spitzenwerte, wie sie häufig bei der Plattenklopfung auftreten, begrenzt, so dass die sichere Einhaltung der vorgegebenen Grenzwerte gewährleistet ist. Durch die Transformation des realen Elektrofilters auf ein Filtermodell, welches wenigstens eine Eingangszone, wenigstens eine Mittelzone und wenigstens eine Ausgangszone umfasst, ist das Verfahren nach Anspruch 1 auf beliebige Anordnungen von Elektrofiltern anwendbar. Jede der drei Modellzonen wird hierbei eine bestimmte Charakteristik zugeordnet. Entsprechend dieser Charakteristik wird die Energiezufuhr für eine vorgebbaren Anzahl dieser Modellzonen in Abhängigkeit vom Sollwert der Partikelemission geregelt.
- 25 30 35 Durch die Modellbildung erhält man eine Vereinfachung der Algorithmen und eine Verkürzung der Optimierungsdauer für das betreffende Elektrofilter.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

FIG 1 ein Diagramm der Partikelemission über dem Elektrofilter zugeführten elektrischen Strom,

FIG 2 eine graphische Darstellung der Transformation eines realen mehrstufigen Elektrofilters auf ein Filtermodell,

FIG 3 ein Beispiel für eine Vernetzung von Hochspannungsgeräten eines Elektrofilters,

FIG 4 eine Regelung der Partikelemission und der Filterströme,

FIG 5 eine Bedienoberfläche bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

15

FIG 1 zeigt in einem Diagramm den prinzipiellen Verlauf der Staubpartikelemission in Abhängigkeit von der Stromstärke, die einem Elektrofilter zugeführt wird. Durch Änderung im Produktionsprozess können sich die Abgaseigenschaften ändern, so dass sich die im Beispiel gezeigte Kurve quantitativ ändert.

25

In FIG 2 ist mit 1 ein sechsstufiges reales Elektrofilter bezeichnet, das erfindungsgemäß auf ein Filtermodell 2 transformiert wird. Die Transformation ist in FIG 2 durch einen Doppelpfeil symbolisiert. Das Filtermodell 2 umfasst im dargestellten Ausführungsbeispiel eine Eingangszone 2a, eine Mittelzone 2b und eine Ausgangszone 2c.

30

Der Eingangszone 2a, der die Stufen 1a und 1b des realen Filters entsprechen, weist eine hohe, inhomogene Staubkonzentration im Abgas auf. Die Aufladung möglichst vieler Partikel wirkt sich günstig auf die Wirksamkeit der Mittelzone 2b und der Ausgangszone 2c aus.

35

In der Mittelzone 2b, die aus den Stufen 1c und 1d des realen Filters 1 gebildet wird, weist eine deutlich geringere Staub-

konzentration (ca. 1/20) auf. In der mittleren Zone 2b kann in seltenen Fällen ein Rücksprühen auftreten. Unter Rücksprühen versteht man das Ende des linearen Spannungsanstiegs trotz Erhöhung der Stromstärke.

5

- In der Ausgangszone 2c, die aus den Stufen 1e und 1f des realen Filters 1 gebildet wird, ist ein hoher Anteil an feinen Staubpartikeln vorhanden. Aufgrund des hochohmigen Staubbelags an den Platten tritt häufiger ein Rücksprühen auf. Der 10 Emissionswert reagiert sensibel auf Plattenklopfung.

Nach Modifikationen im Betrieb, z. B. durch Änderung der Stromzufuhr, in einer Zone müssen alle nachfolgenden Zonen neu adaptiert werden.

15

Für die Transformation des realen Elektrofilters auf ein Filtermodell wird zumindest einer der folgenden Parameter berücksichtigt:

Istwert und Sollwert des Filterstromes,

- 20 Istwerte, Minimalwerte, Maximalwerte und Mittelwerte der Filterspannung,

elektrische Leistung,

Betriebsart (kontinuierlicher Betrieb oder Pulsbetrieb)
und/oder

- 25 falls Pulsbetrieb aktiv – wenigstens ein Pulsmuster.

Im Gasstrom parallele Modellzonen werden zunächst mit identischen Sollwerten versorgt. Bei der Feinoptimierung werden die Gewichtungsfaktoren für die parallelen Modellzonen bestimmt.

- 30 Bei seriellen Modellzonen wird eine lineare Interpolation der Parameter, insbesondere der Istwerte, verwendet. Auch hier sind unterschiedliche Gewichtungen der einzelnen Modellzonen denkbar.

- 35 Die Wahl der Betriebsart bei der Rücktransformation vom Filtermodell 2 in das reale Filter 1 hängt von der errechneten

Stärke des Rücksprühens in den korrespondierenden Modellzonen ab.

Im aktuellen Betriebspunkt des realen Elektrofilters 1 werden
5 für die drei Modellzonen 2a, 2b und 2c die Gradienten der E-
mission (oder der Opazität) über der elektrischen Teil-Leis-
tung gebildet. Dazu muss die elektrische Leistung in allen
Zonen nacheinander um den aktuellen Betriebspunkt geringfügig
variiert werden. Die Gradienten der drei Modellzonen sind ein
10 Maß für den Einfluss einer Modellzone bei Änderung der elekt-
rischen Leistung auf die Partikelemission. Nun werden die
Leistungssollwerte der Modellzonen 2a, 2b und 2c so opti-
miert, dass alle drei Gradienten gleich groß sind und der ge-
wünschte Emissionswert genau erreicht wird. In diesem Be-
15 triebspunkt wird das Elektrofilter mit der minimalen mögli-
chen Leistung betrieben, bei der der vorgeschriebene oder ge-
wünschte Emissionswert gerade erreicht wird.

Zur gezielten Suche des optimalen Betriebspunktes hat sich
20 der Einsatz von Fuzzy-Logik bewährt. Der Einsatz von anderen
Methoden, wie z. B. neuronale Netze oder konventionelle Such-
algorithmen, sind hier ebenfalls möglich. Aufgrund der
schnellen Realisierbarkeit und der verwendeten abstrakten Re-
geln sowie der daraus gewonnenen Übertragbarkeit auf andere
25 reale Elektrofilter ist der Fuzzy-Logik der Vorzug zu geben.
Ein weiterer Vorteil bei der Verwendung von Fuzzy-Logik ist
die einfache Realisierbarkeit unsymmetrischer Regler durch
Änderung der Zugehörigkeitsfunktionen eines Signals. Ein An-
stieg der Emissionen erfordert eine schnelle starke Reaktion
30 des Systems wegen der Gefahr von Grenzwertüberschreitungen,
wohingegen bei Verringerung der elektrischen Leistung erheb-
lich mehr Zeit zur Verfügung steht. Durch die Verwendung von
Fuzzy-Logik wird also die Betriebssicherheit erhöht.

35 Als Istwerte werden außer dem Mittelwert der Partikelemission
auch die Spitzenwerte und die Augenblickswerte verwendet. Die
Betrachtung der aktuellen Werte ermöglicht eine schnelle Re-

aktion auf ansteigende Werte aufgrund von unvorhersehbaren Prozessänderungen (z. B. Rußblasen). Die Überwachung der Maxima verhindert unerwünschte bzw. unerlaubte Emissionsspitzenwerte auch bei periodischen bzw. wiederkehrenden Vorgängen 5 (z. B. Plattenklopfung).

Bei dem in FIG 3 dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Hochspannungsversorgungen des Elektrofilters vernetzt, wobei ein optischer Profibus 5 als Übertragungssystem gewählt wurde. Über den optischen Profibus 5 sind damit die Hochspannungsversorgung 3 sowie die Hochspannungsversorgungen 41, 42, 10 43, 44 und 45 über ihre Kontrolleinrichtungen 3K sowie 41K, 42K, 43K, 44K und 45K miteinander verbunden. Das Energiemanagement läuft auf einem Personalcomputer 6, der im dargestellten Ausführungsbeispiel unter dem Betriebssystem Windows NT 15 betrieben wird. Im Rahmen der Erfindung ist auch der Einsatz auf einem Automatisierungssystem, z. B. Simatic S7, möglich.

Die einzelnen Hochspannungsversorgungen enthalten einen Satz 20 von Parametern, der bei Verlust der Datenkommunikation aktiviert wird. Hier kann z. B. Betrieb mit Nennstrom hinterlegt werden. Bei Überschreitung der Emissionswerte um einen vor- gebaren Wert, wird bei allen Hochspannungsversorgungen eine Stromerhöhung bewirkt, unabhängig von der laufenden Optimie- 25 rung. In einer zweiten Stufe kann bei einer weiter ansteigen- den Partikelemission bei allen Hochspannungsversorgungen der Nennstrom aktiviert werden.

FIG 4 zeigt die konstant bleibende Partikelemission E sowie 30 die Regelung der Filterströme I(Z1) bis I(Z5) in den Zonen Z1 bis Z5 auf kleinere Werte während Abfahren des Kessels. Mit U(Z1) ist der Spannungsverlauf in der Zone Z1 gekennzeichnet. Die Zeitpunkte der Gradientenbestimmung sind an den kurzen Stromänderungen in beide Richtungen zu erkennen.

35 In FIG 5 ist die benutzerfreundliche Bedienoberfläche der auf dem Personalcomputer 6 eingesetzten Software zu erkennen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Elektrofilters, bei dem das reale Elektrofilter (1) auf ein Filtermodell (2) transformiert wird, das wenigstens eine Eingangszone (2a), wenigstens eine Mittelzone (2b) und wenigstens eine Ausgangszone (2c) umfasst, wobei jeder der mindestens drei Modellzonen (2a - 2c) eine vorgebbare Charakteristik zugeordnet wird, nach der die Energiezufuhr für eine vorgebbare Anzahl dieser Modellzonen (2a - 2c) in Abhängigkeit vom Sollwert der Partikelemission (E) geregelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei für die Transformation des realen Elektrofilters (1) auf ein Filtermodell (2) zu mindest einer der folgenden Parameter berücksichtigt wird:
 - Istwerte und Sollwerte der Filterströme,
 - Istwerte, Minimalwerte, Maximalwerte und Mittelwerte der Filterspannung,
 - elektrische Leistung,
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei im Abgasstrom parallele Zonen zunächst mit identischen Sollwerten versorgt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei durch eine Feinoptimierung für im Abgasstrom parallele Modellzonen Gewichtungsfaktoren bestimmt werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei für serielle Zonen eine lineare Interpolation der Parameter, insbesondere der Istwerte, verwendet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei für die im Abgasstrom seriellen Modellzonen durch eine Feinoptimierung Gewichtungsfaktoren bestimmt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der optimale Betriebspunkt des realen Elektrofilters unter Verwendung einer Fuzzy-Logik ermittelt wird.
- 5 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der optimale Betriebspunkt des realen Elektrofilters unter Verwendung eines neuronalen Netzes ermittelt wird.
- 10 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der optimale Betriebspunkt des realen Elektrofilters unter Verwendung konventioneller Suchalgorithmen ermittelt wird.

1/4

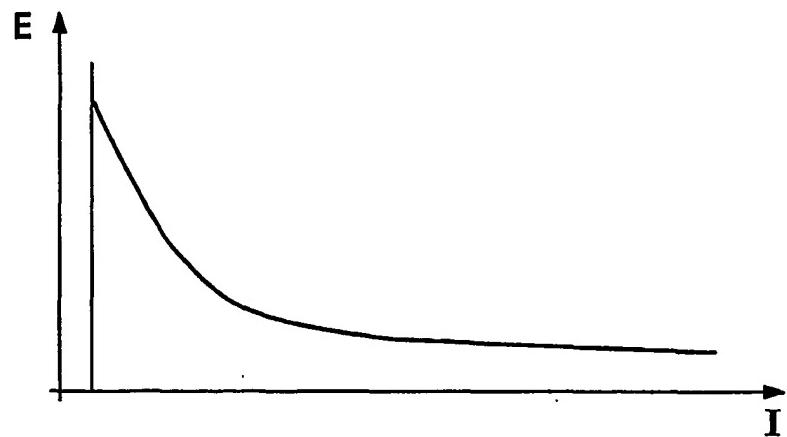


FIG 1

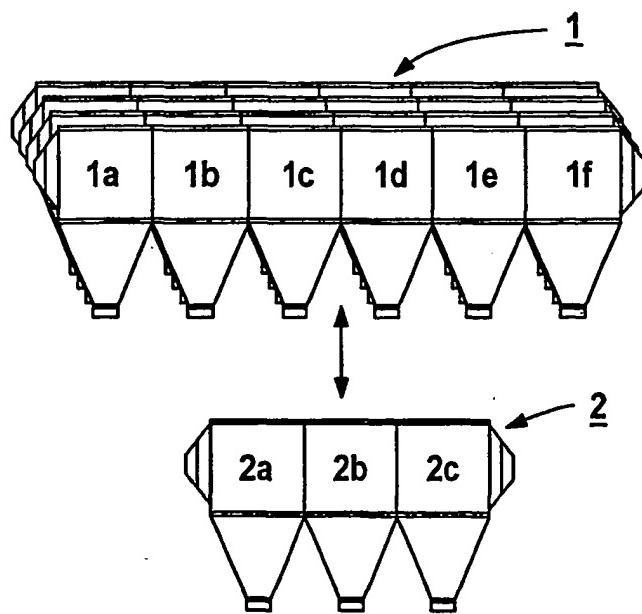


FIG 2

2/4

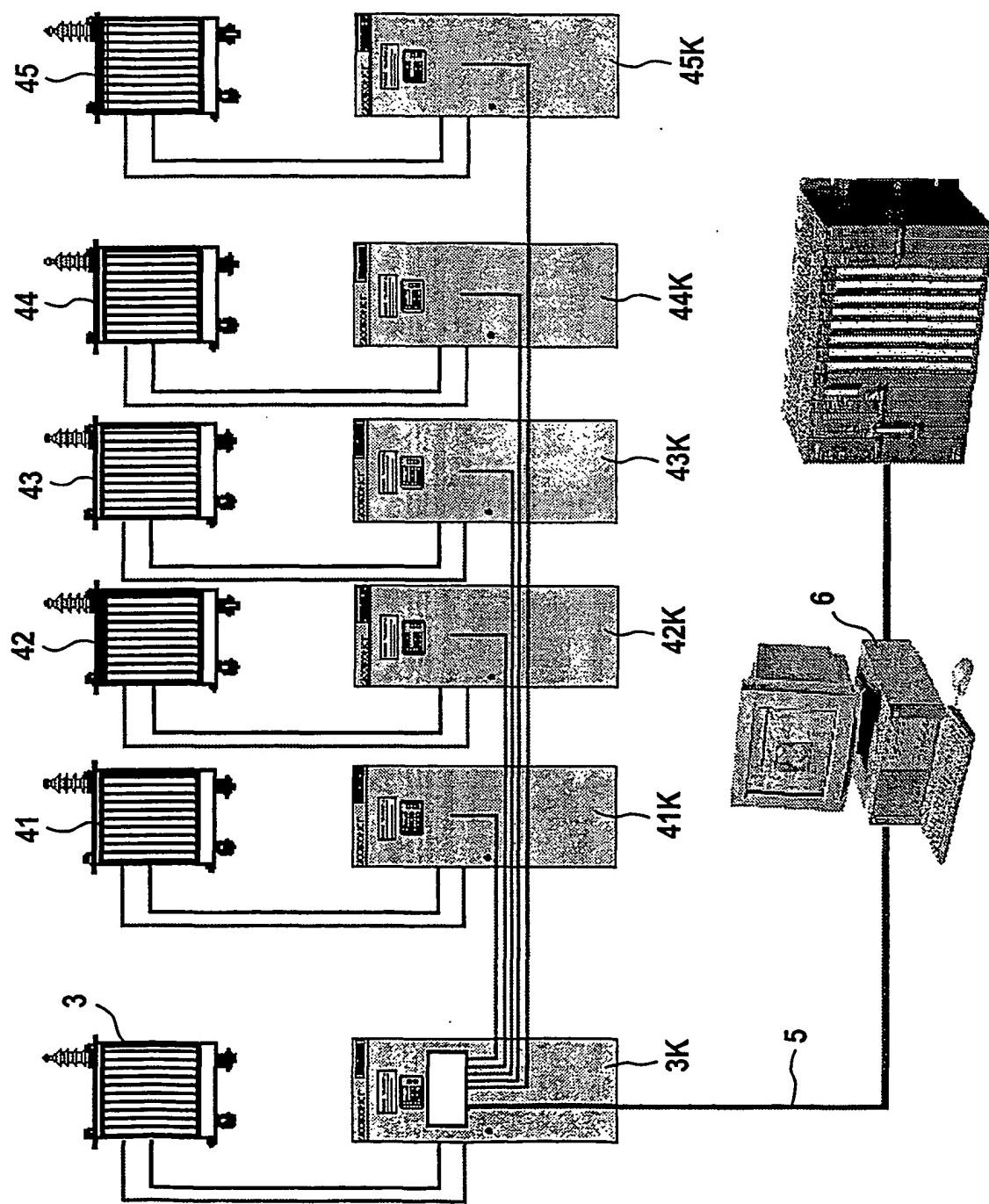


FIG 3

3/4

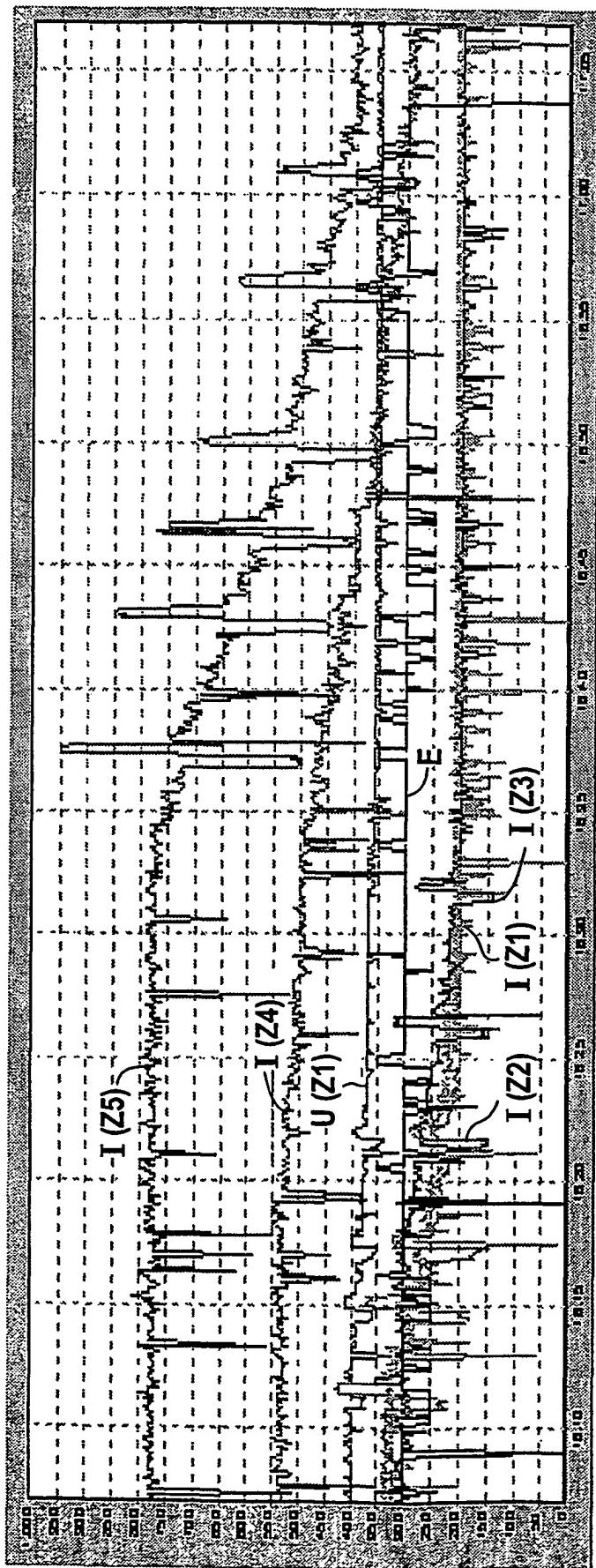


FIG 4

4/4

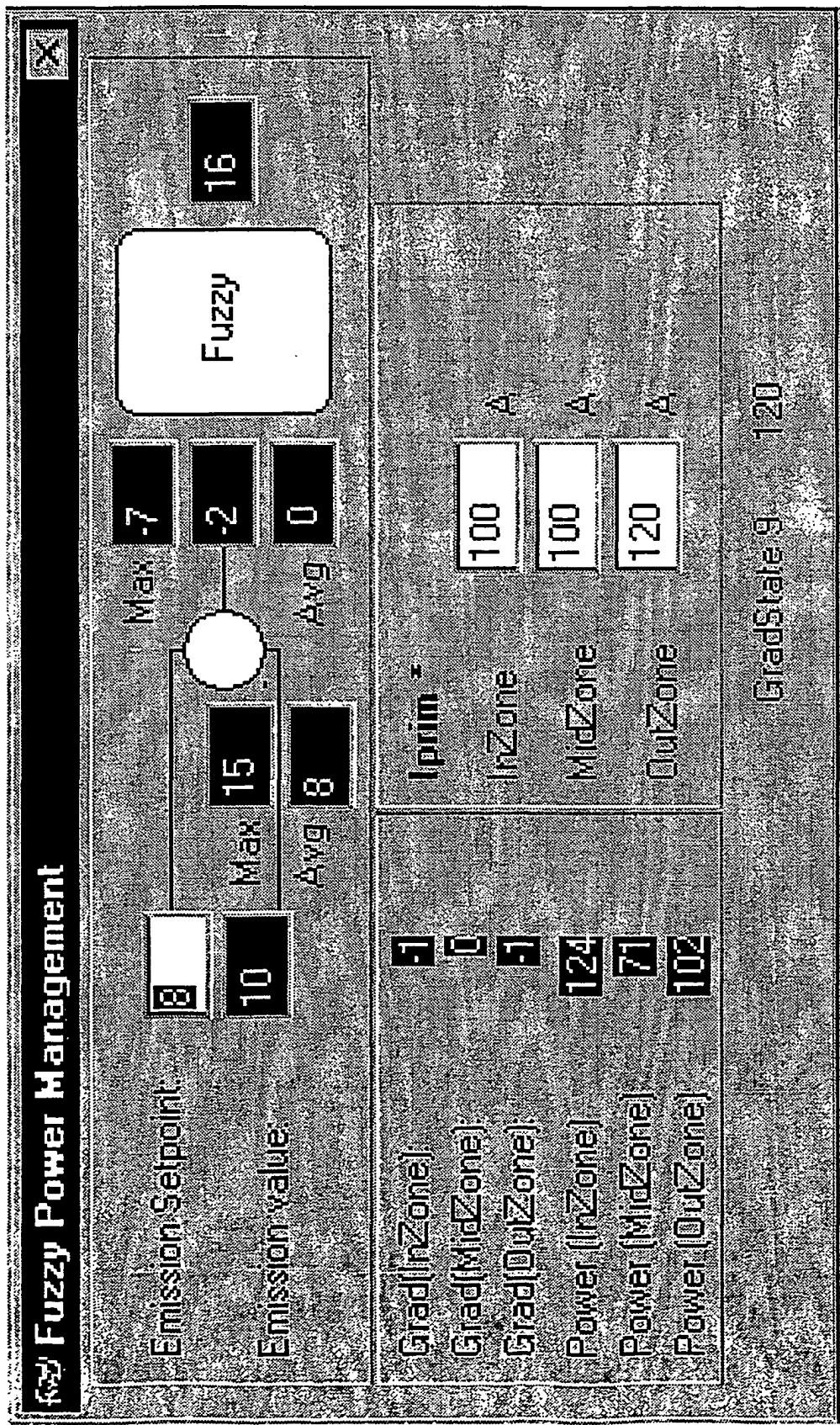


FIG 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 01/03845

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B03C3/68

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 B03C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 432 061 A (HERKLLOTZ HELMUT ET AL) 14 February 1984 (1984-02-14) column 4, line 13 - line 46; figures 1,4 column 5, line 1 - line 13 -----	1,2
A	US 4 680 036 A (LEUSSLER WILHELM) 14 July 1987 (1987-07-14) the whole document -----	1

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents .

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

25 March 2002

Date of mailing of the international search report

04/04/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P B 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Gentili, L

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

In National Application No

PCT/DE 01/03845

Patent document cited in search report	Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 4432061	A 14-02-1984	DE AT AU AU DE EP JP ZA	3017685 A1 8849 T 534688 B2 7024481 A 3165352 D1 0039817 A1 57004245 A 8103032 A	12-11-1981 15-08-1984 09-02-1984 12-11-1981 13-09-1984 18-11-1981 09-01-1982 26-05-1982
US 4680036	A 14-07-1987	DE AT AU AU CA DE EP ES IN JP KR ZA	3526754 A1 46630 T 580503 B2 6056286 A 1271516 A1 3665820 D1 0210675 A1 2000746 A6 168831 A1 63036856 A 9309721 B1 8605571 A	29-01-1987 15-10-1989 12-01-1989 29-01-1987 10-07-1990 02-11-1989 04-02-1987 16-03-1988 22-06-1991 17-02-1988 09-10-1993 30-03-1988

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/03845

A. KLASSEFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B03C3/68

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B03C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 432 061 A (HERKLLOTZ HELMUT ET AL) 14. Februar 1984 (1984-02-14) Spalte 4, Zeile 13 - Zeile 46; Abbildungen 1,4 Spalte 5, Zeile 1 - Zeile 13 ----	1,2
A	US 4 680 036 A (LEUSSLER WILHELM) 14. Juli 1987 (1987-07-14) das ganze Dokument -----	1

 Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldeatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem Internationalen Anmeldeatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldeatum oder dem Prioritätsatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindenscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindenscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

*& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

25. März 2002

04/04/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl.
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Gentili, L

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/03845

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 4432061	A	14-02-1984	DE	3017685 A1		12-11-1981
			AT	8849 T		15-08-1984
			AU	534688 B2		09-02-1984
			AU	7024481 A		12-11-1981
			DE	3165352 D1		13-09-1984
			EP	0039817 A1		18-11-1981
			JP	57004245 A		09-01-1982
			ZA	8103032 A		26-05-1982
US 4680036	A	14-07-1987	DE	3526754 A1		29-01-1987
			AT	46630 T		15-10-1989
			AU	580503 B2		12-01-1989
			AU	6056286 A		29-01-1987
			CA	1271516 A1		10-07-1990
			DE	3665820 D1		02-11-1989
			EP	0210675 A1		04-02-1987
			ES	2000746 A6		16-03-1988
			IN	168831 A1		22-06-1991
			JP	63036856 A		17-02-1988
			KR	9309721 B1		09-10-1993
			ZA	8605571 A		30-03-1988